

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-144454  
 (43)Date of publication of application : 20.05.2003

(51)Int.Cl.

A61B 19/00  
 A61B 6/00  
 A61F 2/00  
 G06T 1/00  
 G06T 17/40

(21)Application number : 2001-352446

(71)Applicant : KOGA YOSHIO  
 TERAJIMA KAZUHIRO  
 NIIGATA ENG CO LTD

(22)Date of filing : 16.11.2001

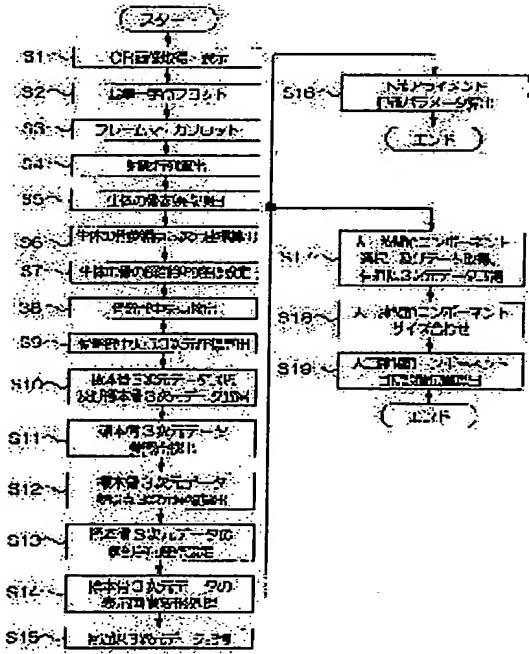
(72)Inventor : KOGA YOSHIO  
 TERAJIMA KAZUHIRO  
 KURITA TAKAAKI  
 AKUTSU KIYOHIDE  
 HAMANO MITSURU  
 OGURA HIROAKI

## (54) JOINT OPERATION SUPPORT INFORMATION COMPUTING METHOD, JOINT OPERATION SUPPORT INFORMATION COMPUTING PROGRAM, AND JOINT OPERATION SUPPORT INFORMATION COMPUTING SYSTEM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a joint operation support information computing method, a joint operation support information computing program and a joint operation support information computing system for supporting a diagnosis of arthropathia and the selection and positioning of an artificial joint.

**SOLUTION:** An operation support terminal acquires an X-ray image photographed by an X-ray irradiator and an exclusive cassette table (S1). The three-dimensional bone approximate data of a patient is originated by deforming a display image of three-dimensional sample bone data in conformity to the X-ray image with the patient's bone photographed, and the three-dimensional coordinate values of the three-dimensional bone approximate data are obtained (S2-S15). A parameter for evaluating the position relation of at least two bones is obtained from the three-dimensional coordinate values (S16). Or the position of the display image of three-dimensional artificial knee joint data is adjusted to the display image of the three-dimensional bone appropriate data of the patient based on the three-dimensional coordinate values (S17, S18), and the installation position of the artificial knee joint is computed as anatomical coordinate values for showing the positions of at least two bones (S19).



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.05.2004  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]

{Kind of final 'disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-144454

(P2003-144454A)

(43) 公開日 平成15年5月20日 (2003.5.20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
A 6 1 B 19/00	5 0 2	A 6 1 B 19/00	5 0 2 4 C 0 9 3
6/00		6/00	3 0 0 T 4 C 0 9 7
	3 0 0	A 6 1 F 2/00	5 B 0 5 0
A 6 1 F 2/00		G 0 6 T 1/00	2 9 0 A 5 B 0 5 7
G 0 6 T 1/00	2 9 0	17/40	A

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 19 頁) 最終頁に統く

(21) 出願番号 特願2001-352446(P2001-352446)

(22) 出願日 平成13年11月16日 (2001.11.16)

(71) 出願人 596053415

古賀 良生

新潟県新潟市旭町通2番町5237番地

(71) 出願人 501446871

寺島 和浩

新潟県新潟市逢谷内3丁目567-5

(71) 出願人 000003931

株式会社新潟鉄工所

東京都大田区蒲田本町一丁目10番1号

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外6名)

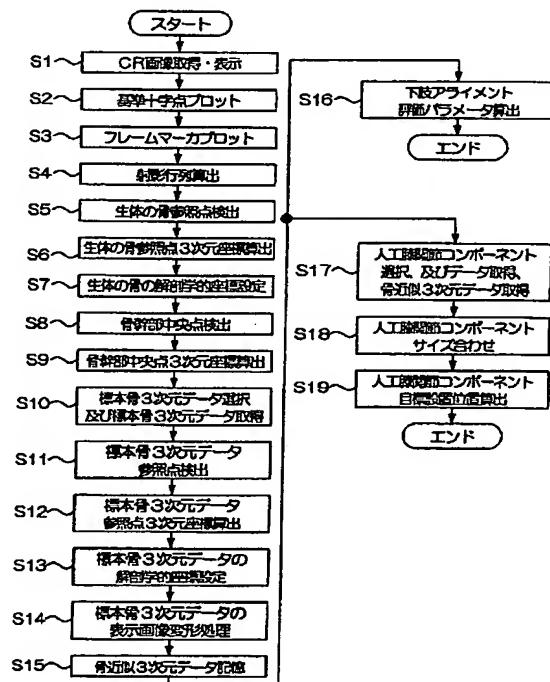
最終頁に統く

(54) 【発明の名称】 関節手術支援情報算出方法、関節手術支援情報算出プログラム、及び関節手術支援情報算出システム

(57) 【要約】

【課題】 関節症の診断や人工関節の選定、位置決めを支援する関節手術支援情報算出方法、関節手術支援情報算出プログラム、及び関節手術支援情報算出システムを提供する。

【解決手段】 手術支援端末は、X線照射機と専用カセット台により撮影されたX線画像を取得する(S1)。そして、標本骨3次元データの表示画像を、患者の骨が撮影されたX線画像に合わせて変形させることにより患者の骨近似3次元データを作成し、該骨近似3次元データの3次元座標値を求める(S2~S15)。この3次元座標値から、少なくとも2本の骨の位置関係を評価するためのパラメータを求める(S16)。または、3次元座標値に基づく患者の骨近似3次元データの表示画像に合わせて、人工膝関節3次元データの表示画像の位置を調節させ(S17、S18)、人工膝関節の設置位置を、少なくとも2本の骨の位置を表すための解剖学的座標値として算出する(S19)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出方法であって、

生体の骨が撮影されたX線画像に一致するように、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データを作成すると共に、該生体の骨近似3次元データの実空間における3次元座標値を求める位置座標取得処理と、

前記生体の骨近似3次元データ及び前記生体の骨の3次元座標値から、少なくとも2本の骨の位置関係を評価するためのパラメータを求める評価パラメータ算出処理とを含むことを特徴とする関節手術支援情報算出方法。

【請求項2】 生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出方法であって、

生体の骨が撮影されたX線画像に一致するように、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データを作成すると共に、該生体の骨近似3次元データの実空間における3次元座標値を求める位置座標取得処理と、

前記生体の骨近似3次元データの表示画像に対して、前記人工関節の形状・大きさを選択すると共に、前記人工関節3次元データの表示画像の位置を調節させて、前記人工関節の設置位置を、前記人工関節を設置する骨が有する解剖学的座標の座標値として算出する人工関節設置位置算出処理とを含むことを特徴とする関節手術支援情報算出方法。

【請求項3】 前記位置座標取得処理が、実空間における3次元座標値が既知の鋼球群に対して、該鋼球群の3次元座標値と前記生体の骨が2方向から撮影されたX線画像に写り込んだ鋼球群の2次元座標値とから、2方向の2次元投影面と実空間との射影関係を表す射影行列を導出し、該射影行列を用いて前記生体の骨近似3次元データの3次元座標値を求める特徴とする請求項1、または請求項2に記載の関節手術支援情報算出方法。

【請求項4】 生体の骨または生体の骨形状を近似した骨が表示された2方向からの2次元画像に対して、両方向から観測できる骨の特徴を示す点をプロットさせて、プロットされた骨の特徴を示す点から、骨の特徴と構造を示す参照点を求める参照点取得処理を含み、  
前記位置座標取得処理が、前記2方向の骨の特徴と構造を示す参照点から前記射影行列を用いて実空間における3次元座標値を算出することにより、前記生体の骨近似3次元データの3次元座標値を求める特徴とする請求項3に記載の関節手術支援情報算出方法。

【請求項5】 前記参照点取得処理が、プロットされた骨の特徴を示す点から骨の表面形状を近似することにより前記参照点を求める特徴とする請求項4に記載

の関節手術支援情報算出方法。

【請求項6】 生体の骨または生体の骨形状を近似した骨が表示された2方向からの2次元画像に対して、両方向から観測できる骨の特徴を示す点をプロットさせて、プロットされた骨の特徴を示す点から、骨の表面形状を近似することにより骨の構造を示す参照点を求める参照点取得処理を含み、

前記評価パラメータ算出処理が、前記参照点を用いて前記パラメータを求める特徴とする請求項1に記載の関節手術支援情報算出方法。

【請求項7】 生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出プログラムであって、

生体の骨が撮影されたX線画像に一致するように、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データを作成すると共に、該生体の骨近似3次元データの実空間における3次元座標値を求める位置座標取得処理と、

前記生体の骨近似3次元データ及び前記生体の骨の3次元座標値から、少なくとも2本の骨の位置関係を評価するためのパラメータを求める評価パラメータ算出処理とをコンピュータに実行させるための関節手術支援情報算出プログラム。

【請求項8】 生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出プログラムであって、

生体の骨が撮影されたX線画像に一致するように、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データを作成すると共に、該生体の骨近似3次元データの実空間における3次元座標値を求める位置座標取得処理と、

前記生体の骨近似3次元データの表示画像に対して、前記人工関節の形状・大きさを選択すると共に、前記人工関節3次元データの表示画像の位置を調節させて、前記人工関節の設置位置を、前記人工関節を設置する骨が有する解剖学的座標の座標値として算出する人工関節設置位置算出処理とをコンピュータに実行させるための関節手術支援情報算出プログラム。

【請求項9】 生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出システムであって、

生体のX線画像を撮影するX線画像撮影手段と、  
生体の骨が撮影されたX線画像に一致するように、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データを作成すると共に、該生体の骨近似3次元データの実空間における3次元座標値を求める位置座標取得手段と、  
前記生体の骨近似3次元データ及び前記生体の骨の3次元座標値から、少なくとも2本の骨の位置関係を評価するためのパラメータを求める評価パラメータ算出手段と

を備えたことを特徴とする関節手術支援情報算出システム。

【請求項10】生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出システムであって、生体のX線画像を撮影するX線画像撮影手段と、生体の骨が撮影されたX線画像に一致するように、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データを作成すると共に、該生体の骨近似3次元データの実空間における3次元座標値を求める位置座標取得手段と、

前記生体の骨近似3次元データの表示画像に対して、前記人工関節の形状・大きさを選択すると共に、前記人工関節3次元データの表示画像の位置を調節させて、前記人工関節の設置位置を、前記人工関節を設置する骨が有する解剖学的座標の座標値として算出する人工関節設置位置算出手段とを備えたことを特徴とする関節手術支援情報算出システム。

【請求項11】前記X線画像撮影手段が、2方向からの生体の骨のX線画像を、それぞれ実空間における3次元座標値が既知の鋼球群と共に撮影することを特徴とする請求項9、または請求項10に記載の関節手術支援情報算出システム。

【請求項12】生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出システムに用いられる専用カセット台であって、底面に垂直な方向に保持されると共に、該底面に垂直な方向の一辺を中心軸に取り付けられて、立位姿勢のまま第1の位置から第2の位置に旋回可能に設けられた、両面にX線画像撮影のための記録媒体を具備するパネルを備えたことを特徴とする専用カセット台。

【請求項13】前記第1の位置において生体の正面方向のX線画像を前記パネルの一方の面の前記記録媒体に記録し、前記第2の位置において生体の正面方向以外のX線画像を前記パネルの他方の面の前記記録媒体に記録することを特徴とする請求項12に記載の専用カセット台。

【請求項14】前記パネルに実空間における3次元座標値が既知の鋼球群を備えたことを特徴とする請求項12、または請求項13に記載の専用カセット台。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出方法、関節手術支援情報算出プログラム、及び関節手術支援情報算出システムに関する。

##### 【0002】

【従来の技術】従来、膝関節症の診断では、患者を立位状態におき、下肢（膝関節を中心として大腿骨と脛骨、

及び腓骨）の2方向（正面、及び横）のX線撮影を行い、そのX線写真を医師が見て診断している。また、重度の膝関節症患者の場合、人工膝関節置換手術が行われる。このとき、患者の膝関節に合った形状及びサイズの人工膝関節の選定や、人工膝関節の設置位置決めが必要となるが、現状では、2方向からの等倍率の膝関節X線写真に人工膝関節の2方向投影形状が印刷されたシートを重ね合わせることにより、選定・位置決めが行われている。

##### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述のような従来の診断方法では、本来3次元である患者の下肢アライメント（大腿骨と脛骨の位置関係）を、2次元画像である2方向のX線写真により判断するために、医師の経験や勘に頼ることが多いため診療に差異が生じるという問題があった。また、人工膝関節置換手術においても、患者の膝関節に合った形状及び大きさの人工膝関節の選定や設置位置決めの際、立体的な確認ができないために、同様に医師の経験や勘に頼ることが多いと共に、決定した人工膝関節の設置位置を手術において正確に再現することが難しいという問題があった。

【0004】本発明は、上記課題に鑑みてなされたもので、従来医師の経験にたよることが多かった関節症の診断や、人工関節の選定及び位置決めを支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出方法、関節手術支援情報算出プログラム、及び関節手術支援情報算出システムを提供することを目的とする。

##### 【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するためには、請求項1の発明に係わる関節手術支援情報算出方法は、生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出方法であって、生体の骨が撮影されたX線画像に一致するように、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データ（例えば実施の形態の患者3の骨近似3次元データ）を作成すると共に、該生体の骨近似3次元データの実空間における3次元座標値を求める位置座標取得処理（例えば実施の形態のステップS1～S15）と、前記生体の骨近似3次元データ及び前記生体の骨の3次元座標値から、少なくとも2本の骨の位置関係を評価するためのパラメータを求める評価パラメータ算出処理（例えば実施の形態のステップS16）とを含むことを特徴とする。これにより、位置座標取得処理が、生体の個体毎にその特徴が異なる骨を、標本骨3次元データの表示画像の形状を生体の骨に合わせて変形させた骨近似3次元データで容易にモデル化することで、評価パラメータ算出処理は、この骨近似3次元データから得られる3次元座標値により、人工関節を必要とする骨の位置関係を評価するための評価パラメータを個体毎に正確に求めることが可能となる。

【0006】請求項2の発明に係わる関節手術支援情報算出方法は、生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出方法であって、生体の骨が撮影されたX線画像に一致するように、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データ（例えば実施の形態の患者3の骨近似3次元データ）を作成すると共に、該生体の骨近似3次元データの実空間における3次元座標値を求める位置座標取得処理（例えば実施の形態のステップS1～S15）と、前記生体の骨近似3次元データの表示画像に対して、前記人工関節の形状・大きさを選択すると共に、前記人工関節3次元データの表示画像の位置を調節させて、前記人工関節の設置位置を、前記人工関節を設置する骨が有する解剖学的座標の座標値として算出する人工関節設置位置算出処理（例えば実施の形態のステップS17～S19）とを含むことを特徴とする。これにより、位置座標取得処理が、生体の個体毎にその特徴が異なる骨を、標本骨3次元データの表示画像の形状を生体の骨に合わせて変形させた骨近似3次元データで容易にモデル化し、この骨近似3次元データより得られる3次元座標値を算出する。そして、人工関節位置算出処理は、3次元座標値に基づく前記生体の骨近似3次元データの表示画像に合わせて、人工関節3次元データの表示画像の位置を調節させることで、個体毎の3次元座標値から設定される解剖学的座標での人工関節の設置位置を算出することが可能となる。

【0007】請求項3の発明に係わる関節手術支援情報算出方法は、請求項1、または請求項2に記載の関節手術支援情報算出方法において、前記位置座標取得処理が、実空間における3次元座標値が既知の鋼球群（例えば実施の形態の鋼球6b）に対して、該鋼球群の3次元座標値と前記生体の骨が2方向から撮影されたX線画像に写り込んだ鋼球群の2次元座標値とから、2方向の2次元投影面と実空間との射影関係を表す射影行列を導出し、該射影行列を用いて前記生体の骨近似3次元データの3次元座標値を求めることが特徴とする。これにより、位置座標取得処理は、鋼球群の2方向の2次元座標値と実空間での3次元座標値を利用して立体的に生体の骨を認識し、正確に生体の骨の3次元座標値を求めることが可能となる。

【0008】請求項4の発明に係わる関節手術支援情報算出方法は、請求項3に記載の関節手術支援情報算出方法において、生体の骨または生体の骨形状を近似した骨が表示された2方向からの2次元画像に対して、両方向から観測できる骨の特徴を示す点をプロットさせて、プロットされた骨の特徴を示す点から、骨の特徴と構造を示す参照点を求める参照点取得処理を含み、前記位置座標取得処理が、前記2方向の骨の特徴と構造を示す参照点から前記射影行列を用いて実空間における3次元座標値を算出することにより、前記生体の骨近似3次元データ

タの3次元座標値を求めることが特徴とする。これにより、位置座標取得処理は、骨の参照点取得処理により、生体の個体毎に異なる形状を持つ骨の位置を、その特徴を示す点によりモデル化された骨の参照点の位置情報を抽出することで、骨の全ての部分の位置情報を用いることなく、参照点の位置情報を2方向から撮影したX線画像により導出される射影行列とから、少ない計算処理で簡単に生体の骨の3次元座標値を求めることが可能となる。

【0009】請求項5の発明に係わる関節手術支援情報算出方法は、請求項4に記載の関節手術支援情報算出方法において、前記参照点取得処理が、プロットされた骨の特徴を示す点から骨の表面形状を近似することにより前記参照点を求めることが特徴とする。これにより、骨の参照点取得処理は、プロットされた骨の特徴を示す形状を簡単な图形に置き換えてから参照点を求めるにより、更に少ない計算処理量でかつ精度を下げる事なく参照点を求めることが可能となる。

【0010】請求項6の発明に係わる関節手術支援情報算出方法は、請求項1に記載の関節手術支援情報算出方法において、生体の骨または生体の骨形状を近似した骨が表示された2方向からの2次元画像に対して、両方向から観測できる骨の特徴を示す点をプロットさせて、プロットされた骨の特徴を示す点から、骨の表面形状を近似することにより骨の構造を示す参照点を求める参照点取得処理を含み、前記評価パラメータ算出処理が、前記参照点を用いて前記パラメータを求めることが特徴とする。これにより、評価パラメータ算出処理は、骨の全ての部分の3次元座標値を用いることなく、参照点取得処理で求めた参照点の3次元座標値から、少ない計算処理で簡単に評価パラメータを算出することが可能となる。

【0011】請求項7の発明に係わる関節手術支援情報算出プログラムは、生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出プログラムであって、生体の骨が撮影されたX線画像に一致するように、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データを作成すると共に、該生体の骨近似3次元データの実空間における3次元座標値を求める位置座標取得処理と、前記生体の骨近似3次元データ及び前記生体の骨の3次元座標値から、少なくとも2本の骨の位置関係を評価するためのパラメータを求める評価パラメータ算出処理とをコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0012】請求項8の発明に係わる関節手術支援情報算出プログラムは、生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出プログラムであって、生体の骨が撮影されたX線画像に一致するように、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データを作成すると共に、該生体の骨近似3次元データの実空間にお

ける3次元座標値を求める位置座標取得処理と、前記生体の骨近似3次元データの表示画像に対して、前記人工関節の形状・大きさを選択すると共に、前記人工関節3次元データの表示画像の位置を調節させて、前記人工関節の設置位置を、前記人工関節を設置する骨が有する解剖学的座標の座標値として算出する人工関節設置位置算出処理とをコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0013】請求項9の発明に係わる関節手術支援情報算出システムは、生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出システムであって、生体のX線画像を撮影するX線画像撮影手段（例えば実施の形態の専用カセット台4、及びX線照射機5a、5b）と、生体の骨が撮影されたX線画像に一致するように、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データを作成すると共に、該生体の骨近似3次元データの実空間における3次元座標値を求める位置座標取得手段（例えば実施の形態の鋼球群（フレームマーカ）位置検出部12、カメラ校正処理部13、生体の骨参照点検出部14、生体の骨3次元座標取得部15、標本骨3次元データ参照点検出部18、標本骨3次元データ3次元座標取得部19、骨3次元データ変形処理部20）と、前記生体の骨近似3次元データ及び前記生体の骨の3次元座標値から、少なくとも2本の骨の位置関係を評価するためのパラメータを求める評価パラメータ算出手段（例えば実施の形態の3次元下肢アライメント算出部21）とを備えたことを特徴とする。

【0014】請求項10の発明に係わる関節手術支援情報算出システムは、生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出システムであって、生体のX線画像を撮影するX線画像撮影手段と、生体の骨が撮影されたX線画像に一致するように、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データを作成すると共に、該生体の骨近似3次元データの実空間における3次元座標値を求める位置座標取得手段（例えば実施の形態の鋼球群（フレームマーカ）位置検出部12、カメラ校正処理部13、生体の骨参照点検出部14、生体の骨3次元座標取得部15、標本骨3次元データ参照点検出部18、標本骨3次元データ3次元座標取得部19、骨3次元データ変形処理部20）と、前記生体の骨近似3次元データの表示画像に対して、前記人工関節の形状・大きさを選択すると共に、前記人工関節3次元データの表示画像の位置を調節させて、前記人工関節の設置位置を、前記人工関節を設置する骨が有する解剖学的座標の座標値として算出する人工関節設置位置算出手段（例えば実施の形態の人工膝関節3次元データ位置決め処理部23、人工膝関節設置位置座標算出部25）とを備えたことを特徴とする。

【0015】請求項11の発明に係わる関節手術支援情報算出システムは、請求項9、または請求項10に記載の関節手術支援情報算出システムにおいて、前記X線画像撮影手段が、2方向からの生体の骨のX線画像を、それぞれ実空間における3次元座標値が既知の鋼球群（例えば実施の形態の鋼球6b）と共に撮影することを特徴とする。これにより、位置座標取得手段は、鋼球群の2方向の2次元座標値と実空間での3次元座標値とを利用して立体的に生体の骨を認識し、正確に生体の骨の3次元座標値を求めることが可能となる。

【0016】請求項12の発明に係わる専用カセット台は、生体の関節の診断や人工関節への置換手術を支援する情報を算出するための関節手術支援情報算出システムに用いられる専用カセット台であって、底面に垂直な方向に保持されると共に、該底面に垂直な方向の一辺を中心軸（例えば実施の形態の中心軸6c）に取り付けられて、立位姿勢のまま第1の位置から第2の位置に旋回可能に設けられた、両面にX線画像撮影のための記録媒体（例えば実施の形態のイメージングプレート（IP）6a）を具備するパネル（例えば実施の形態のパネル6）を備えたことを特徴とする。これにより、カセット台に載せられた生体を動かさずに、素早く第1の位置及び第2の位置に対応した2方向からのX線撮影を行うことが可能となる。

【0017】請求項13の発明に係わる専用カセット台は、請求項12に記載の専用カセット台において、前記第1の位置において生体の正面方向のX線画像を前記パネルの一方の面の前記記録媒体に記録し、前記第2の位置において生体の正面方向以外のX線画像を前記パネルの他方の面の前記記録媒体に記録することを特徴とする。これにより、X線撮影時に記録媒体を交換する手間を省き、短時間でのX線撮影が可能となる。

【0018】請求項14の発明に係わる専用カセット台は、請求項12、または請求項13に記載の専用カセット台において、前記パネルに実空間における3次元座標値が既知の鋼球群（例えば実施の形態の鋼球6b）を備えたことを特徴とする。これにより、生体の骨を立体（3次元）的に認識するための基準物である鋼球群を、生体の骨と共にX線画像に撮影することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の一実施の形態の関節手術支援情報算出方法、及び関節手術支援情報算出システムについて説明する。本実施の形態では、一例として、人間の膝関節に対する診断や人工膝関節への置換手術を支援する情報を算出する場合について説明する。図1において、本実施の形態の関節手術支援情報算出システムは、関節手術支援情報算出方法を実現するためのシステムであって、オペレータ1（医師）が操作して手術に必要な情報を計算するための手術支援端末2と、患者3のX線画像を撮影するための専用カセ

ツ台4、及び患者3の正面方向にX線を照射するためのX線照射機5aと患者3の60度方向にX線を照射するためのX線照射機5bとを備えている。専用カセット台4に載せられた患者3は、所定の方向に立っているだけで、X線照射機5a、5bにより患者3の正面と60度方向から、患者3の手術する下肢3aに向けてX線が照射され、患者3のX線画像はパネル6に取り付けられた複数のイメージングプレート(IP)6aに記録される。そして、イメージングプレート(IP)6aを記録媒体として、デジタルX線システムIPリーダ7を介して、手術支援端末2へX線画像情報が入力され、CR(Computed Radiography)画像として手術支援端末2に表示される。なお、イメージングプレート(IP)6a以外のX線センサーから、直接手術支援端末2へX線画像情報を入力させることもできる。また、X線照射機5a、5bは、患者の立位姿勢が変化しない程度の短い時間で素早く移動可能なものであれば、1台のX線照射機で兼用しても良い。

【0020】次に、図面を用いて、本実施の形態の関節手術支援情報算出システムで用いられる手術支援端末2について説明する。図2は、手術支援端末2の機能構成を説明するブロック図である。図2において、手術支援端末2は、3次元下肢アライメントを計算するために、画像取得インターフェース11と、鋼球群(フレームマーカ)位置検出部12と、カメラ校正処理部13と、生体の骨参照点検出部14と、生体の骨3次元座標取得部15と、標本骨3次元データ・データベース16と、標本骨3次元データ選択部17と、標本骨3次元データ参照点検出部18と、標本骨3次元データ3次元座標取得部19と、骨3次元データ変形処理部20と、3次元下肢アライメント算出部21とを備えている。ここで、標本骨3次元データとは、生体の標準的な骨の形状を表す3

$$s\tilde{m} = P\tilde{M} = A[R, t]\tilde{M}$$

但し

*s*:スカラー(数値)

*m*:画像平面上の拡張ベクトル( $=[u, v, 1]^T$ )

*P*:射影行列

*M*:3次元空間の拡張ベクトル( $=[X, Y, Z, 1]^T$ )

*A*:カメラ内部行列

*R*:回転行列

*t*:並進ベクトル

のように表現される。ここで射影行列*P*は、

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1^T & P_{14} \\ P_2^T & P_{24} \\ P_3^T & P_{34} \end{bmatrix} \quad (2)$$

【0023】従って、(1)式を展開すれば、1つの3次元点とその2次元像から射影行列*P*の要素に関する2

次元データで、予め人為的に作成した3次元データのことをいう。更に、手術支援端末2は、人工膝関節コンポーネントの設置位置を算出するために、骨近似3次元データ・データベース22と、人工膝関節3次元データ位置決め処理部23と、人工膝関節3次元データ・データベース24と、人工膝関節設置位置座標算出部25とを備えている。

【0021】画像取得インターフェース11は、通信により、デジタルX線システムIPリーダ7から、X線画像情報をCR画像として取得するためのインターフェース部である。鋼球群(フレームマーカ)位置検出部12は、1方向あたりのCR画像を複数の画像データをつなぎ合わせて構成するために、オペレータ1に任意の順序でCR画像上の全ての基準十字点(詳細は後述)について、その5点をプロットさせて、基準十字点の2次元座標値を得る。また、オペレータ1に、正面方向及び60度方向のそれぞれのCR画像におけるフレームマーカの鋼球6b全てをプロットさせて、鋼球6bの2次元座標値を得る。

【0022】カメラ校正処理部13は、正面方向及び60度方向の各CR画像に対して、鋼球6bの正面方向CR画像、及び60度方向CR画像のそれぞれの2次元座標値と実空間における3次元座標値とから射影方程式を立て、これを解いて射影行列*P*を算出する。なお、この射影行列を示す文字*P*を含め、以下に記載される行列やベクトルを表す英文字は、各数式の中で使用している「太字」に読み替えるものとする。具体的には、図3を用いて説明すると(*u*, *v*)を鋼球6bのCR画像における2次元座標値、(X, Y, Z)を鋼球6bの実空間での3次元座標値とすると、射影方程式は、

【数1】

(1)

【数2】

つの線形方程式  
【数3】

$$\left\{ \begin{array}{l} p_1^T M_i - u_i p_3^T M_i + p_{14} - u_i p_{34} = 0 \\ p_2^T M_i - v_i p_3^T M_i + p_{24} - v_i p_{34} = 0 \end{array} \right. \quad (3)$$

を立てることができる。ここで、鋼球 6 b が n 個あれば  
方程式

$$Bp = 0 \quad (4)$$

を得る。なお、

$$p = [p_1^T, p_{14}, p_2^T, p_{24}, p_3^T, p_{34}]^T \quad (5)$$

は、射影行列 P の要素を並べたもので、

$$B = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_1 X_1 & -u_1 Y_1 & -u_1 Z_1 & -u_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & -v_1 X_1 & -v_1 Y_1 & -v_1 Z_1 & -v_1 \\ \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & Z_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_n X_n & -u_n Y_n & -u_n Z_n & -u_n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_n & Y_n & Z_n & 1 & -v_n X_n & -v_n Y_n & -v_n Z_n & -v_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

は、(3) 式における n 点の 3 次元点と 2 次元座標値から定義される  $2n \times 12$  の行列である。カメラ校正処理部 13 は、逆反復法やニュートン法等を用いて、(4) 式を解いて射影行列 P を算出する。

【0024】また、生体の骨参照点検出部 14 は、患者 3 の CR 画像から骨の特徴的な部位の 3 次元座標値を求めるため、オペレータ 1 に骨の特徴的な部位（参照点）を正面方向と 60 度方向の各 CR 画像にプロットさせて、その 2 次元座標値を記憶する。生体の骨 3 次元座標取得部 15 は、患者 3 の骨の特徴的な部位（参照点）の 2 次元座標から、カメラ校正処理部 13 の算出した射影行列 P を用いて、患者 3 の骨の参照点の実空間での 3 次元座標値を算出し、この 3 次元座標値に基づいて、少なくとも 2 本の骨の位置を表すための解剖学的座標を設定する。

【0025】標本骨 3 次元データ・データベース 16 は、標本骨 3 次元データを記憶するデータベースであつて、標本骨 3 次元データ選択部 17 は、3 次元下肢アライメントを計算するために、標本骨 3 次元データ・データベース 16 から、少なくとも 2 本の標本骨の 3 次元データを、オペレータ 1 に選択させる。標本骨 3 次元データ参照点検出部 18 は、生体の骨参照点検出部 14 と同様に、標本骨の特徴的な部位の 3 次元座標値を求めるため、オペレータ 1 に標本骨 3 次元データの特徴的な部位（参照点）を正面方向と 60 度方向の各 CR 画像にプロットさせて、その 2 次元座標値を記憶する。標本骨 3 次元データ 3 次元座標取得部 19 は、生体の骨 3 次元座標取得部 15 と同様に、標本骨 3 次元データの特徴的な部位（参照点）の 2 次元座標値から、カメラ校正処理部 13 の算出した射影行列 P を用いて、標本骨の参照点の実空間での 3 次元座標値を算出し、この 3 次元座標値に基づいて、少なくとも 2 本の骨の位置を表すための解剖学的座標を設定する。

【数 4】

【数 5】

【数 6】

【0026】骨 3 次元データ変形処理部 20 は、患者 3 の骨の CR 画像と標本骨 3 次元データの表示画像とを重ね合わせて表示し、生体の骨 3 次元座標取得部 15 で求められた、患者 3 の骨の参照点の実空間での 3 次元座標値と、標本骨 3 次元データ 3 次元座標取得部 19 で求められた、標本骨 3 次元データの参照点の実空間での 3 次元座標値との対応関係を求め、標本骨 3 次元データの参照点の 3 次元座標値が、患者 3 の骨の参照点に一致するように、標本骨 3 次元データの表示画像の位置の移動と形状の変形を自動で行う。そして、患者 3 の骨の参照点に一致するように標本骨 3 次元データから変形された患者 3 の骨近似 3 次元データを骨近似 3 次元データ・データベース 22 へ記憶する。また、3 次元下肢アライメント算出部 21 は、患者 3 の骨近似 3 次元データから、3 次元下肢アライメントを算出する。

【0027】一方、人工膝関節 3 次元データ位置決め処理部 23 は、更に、人工膝関節コンポーネントの設置位置を算出するために、任意の人工膝関節コンポーネントのリストを表示し、人工膝関節 3 次元データを記憶した人工膝関節 3 次元データ・データベース 24 から、オペレータ 1 に希望の人工膝関節 3 次元データを選択させる。そして、人工膝関節 3 次元データ位置決め処理部 23 は、骨近似 3 次元データ・データベース 22 に記憶された骨近似 3 次元データの表示画像と人工膝関節 3 次元データの表示画像とを重ね合わせて表示し、人工膝関節 3 次元データの表示画像を移動・回転させながら、オペレータ 1 に、手術で実際に設置しようとする位置へ位置合わせを行わせ、人工関節コンポーネントのサイズと手術での目標設置位置を決定させる。

【0028】人工膝関節設置位置座標算出部 25 は、人工膝関節 3 次元データ位置決め処理部 23 により決定された人工膝関節コンポーネントの手術での目標設置位置を、骨近似 3 次元データ・データベース 22 に記憶され

た、骨近似3次元データにより定義される解剖学的座標における目標設定位置として算出する。なお、ここで算出される目標設定位置とは、解剖学的座標に対する人工膝関節コンポーネントの位置（並進移動）と姿勢（回転）である。

【0029】なお、標本骨3次元データ・データベース16と、骨近似3次元データ・データベース22と、人工膝関節3次元データ・データベース24は、ハードディスク装置や光磁気ディスク装置、フラッシュメモリ等の不揮発性のメモリや、RAM(Random Access Memory)のような揮発性のメモリ、あるいはこれらの組み合わせによるコンピュータ読み取り、書き込み可能な記録媒体を含んで構成されるものとする。

【0030】また、画像取得インターフェース11と、鋼球群（フレームマーカ）位置検出部12と、カメラ校正処理部13と、生体の骨参照点検出部14と、生体の骨3次元座標取得部15と、標本骨3次元データ選択部17と、標本骨3次元データ参照点検出部18と、標本骨3次元データ3次元座標取得部19と、骨3次元データ変形処理部20と、3次元下肢アライメント算出部21と、人工膝関節3次元データ位置決め処理部23と、人工膝関節設置位置座標算出部25は、それぞれ、専用のハードウェアにより実現されるものであってもよく、また、メモリおよびCPU（中央演算装置）により構成され、上記の各部の機能を実現するためのプログラムをメモリにロードして実行することによりその機能を実現せるものであってもよい。

【0031】また、手術支援端末2には、入力装置2a、表示装置2b等が接続されるものとする。ここで、入力装置2aとはキーボード、マウス等の入力デバイスのことをいう。表示装置2bとはCRT(Cathode Ray Tube)ディスプレイ装置や液晶表示装置等の画像表示装置とスピーカ等の音声表示装置のことをいう。

【0032】次に、図面を用いて、本実施の形態の関節手術支援情報算出システムで用いられる専用カセット台4について説明する。図4は、専用カセット台4を更に詳細に説明する図である。図4(a)において、専用カセット台4は、患者3を立たせた状態で、同一姿勢の2方向からのX線画像を取得するためのパネル6を備えている。このパネル6の垂直な方向の一辺は、専用カセット台4の底面に垂直に取り付けられた中心軸6cに患者3を移動させることなく旋回可能に取り付けられ、A面及びB面の両面にX線画像撮影のための記録媒体であるイメージングプレート(IP)6aを具備する。そして、図4(b)に示すように、1枚のパネル6を240度(=360度-120度)回転させることで、X線照射機5aに対応して患者3の正面X線画像を記録するA面と、X線照射機5bに対応して患者3の60度方向からのX線画像を記録するB面とを使い分けている。なお、患者の左下肢のX線画像を取得する場合は、A面が

正面方向、B面が60度方向のX線画像が記録され、右下肢の場合はその逆になる。

【0033】また、図5は、専用カセット台4のパネル6に埋め込まれたフレームマーカについて説明した図である。フレームマーカは、X線の照射点推定位置を算出するための基準であって、図5(a)に示すように、例えばパネル6のA面にA0からA5までの6個、B面にB0からB5までの6個が配置されており、それぞれのフレームマーカには、図5(b)に示すように、その前面と後面に立体的に参照点としての鋼球6bが埋め込まれている。更に、パネル6のA面及びB面には、複数のX線画像をつなぎ合わせて1つの表示画像にするために、それぞれ画像の基準点となる基準十字点を形成する5つの鋼球も埋め込まれている。なお、フレームマーカに埋め込まれた鋼球6bの実空間での3次元座標値や、基準十字点を構成する5つの鋼球の実空間での配置位置、鋼球間距離、更に各基準十字点間の距離は既知の情報である。

【0034】次に、図面を用いて、本実施の形態の関節手術支援情報算出システムの処理の流れについて、一例として、特に人体の膝関節を人工膝関節へ置換する手術を支援する情報を算出する場合について説明する。図6は、関節手術支援情報算出システムの処理の流れを説明するフローチャートである。まずオペレータ1が、対象とする患者3の正面方向と60度方向の2方向のCR画像データを、ディジタルX線システムIPリーダ7から読み込む操作を行うと、手術支援端末2は、画像取得インターフェース11を介してCR画像データを取得し、表示装置2bの画面に表示する(ステップS1)。また、X線センサーからディジタルX線システムIPリーダ7を介さずに直接CR画像データを読みとり、表示装置2bの画面に表示させることもできる。

【0035】次に、オペレータ1がCR画像の全ての基準十字点をプロットすると、鋼球群（フレームマーカ）位置検出部12は、プロットされた全ての基準十字点の2次元座標値を記憶する。そして、その2次元座標値に基づいて、基準十字点の位置関係を自動的に判別し、所定の並び順で記憶する(ステップS2)。更に、基準十字点のプロットが完了し、オペレータ1がCR画像の全てのフレームマーカの鋼球6bをプロットすると、鋼球群（フレームマーカ）位置検出部12は、プロットされたすべての鋼球6bの2次元座標値を記憶し、鋼球6bの実空間における3次元座標値と正面方向と60度方向のCR画像上での2次元座標値の対応を求める(ステップS3)。なお、鋼球6bは輝度、形状等の特徴情報をを利用して、CR画像から自動検出しても良い。

【0036】図7は、CR画像の表示例であって、図7(a)が患者3の正面方向からのX線画像を表すCR画像であり、図7(b)が患者3の60度方向からのX線画像を表すCR画像である。図7において、パネル6の

A面の基準十字点はXA1～XA3として、またパネル6のB面の基準十字点はXB1～XB3としてそれぞれの方向のCR画像に写り込んでいる。更に、パネル6のA面のフレームマーカA1～A5とパネル6のB面のフレームマーカB1～B5がそれぞれの方向のCR画像に写り込んでいる。なお、図7に示したその他の符号は詳細を後述する。また、鋼球群（フレームマーカ）位置検出部12によって、フレームマーカの鋼球6bの正面方向CR画像及び60度方向CR画像の2次元座標値と実空間における3次元座標値が求められたら、カメラ校正処理部13は、それぞれの方向の2次元座標値と3次元座標値の関係から前述のように射影方程式を立て、これを解いて射影行列Pを算出する（ステップS4）。なお、X線照射機5a、5b及び専用カセット台4の相対位置が固定かつ既知であれば、予め射影行列Pを算出・保存することができるので、ステップS2～ステップS4は省略できる。

【0037】次に、患者3のCR画像から骨の特徴的な部位の3次元座標値を求めるため、オペレータ1が患者3の骨の特徴的な部位（参照点）を正面方向と60度方向の各CR画像にプロットすると、生体の骨参照点検出部14は、プロットされた参照点の2次元座標値を全て記憶する（ステップS5）。具体的に説明すると、図8から図10は骨の参照点をプロットするための骨の部位を示す図であって、それぞれ以下のように参照点をプロットする。

（a：大腿骨骨頭）オペレータ1は、大腿骨50の骨頭輪郭を円近似した中心点を求めるために大腿骨骨頭参照点52を3点プロットする。生体の骨参照点検出部14は、大腿骨骨頭参照点52（3点）の2次元座標値から、骨頭形状を大腿骨骨頭近似円53で近似して、大腿骨骨頭中心点54の2次元座標値を算出する。

【0038】（b：大腿骨内側後顆）オペレータ1は、大腿骨内側後顆55の輪郭を円近似した中心点を求めるために、大腿骨内側後顆参照点56を3点プロットする。生体の骨参照点検出部14は、大腿骨内側後顆参照点56（3点）の2次元座標値から、大腿骨内側後顆5

5を大腿骨内側後顆近似円57で近似して、大腿骨内側後顆中心点58の2次元座標値を算出する。

（c：大腿骨外側後顆）オペレータ1は、大腿骨外側後顆59の輪郭を円近似した中心点を求めるために、大腿骨外側後顆参照点60を3点プロットする。生体の骨参照点検出部14は、大腿骨外側後顆参照点60（3点）の2次元座標値から、大腿骨外側後顆59を大腿骨外側後顆近似円61で近似して、大腿骨外側後顆中心点62の2次元座標値を算出する。

【0039】（d：脛骨近位関節面内側縁点）オペレータ1は、脛骨近位関節面内側縁点71をプロットし、生体の骨参照点検出部14は、その2次元座標値を記憶する。

（e：脛骨近位関節面外側縁点）オペレータ1は、脛骨近位関節面外側縁点72をプロットし、生体の骨参照点検出部14は、その2次元座標値を記憶する。

（f：脛骨遠位関節面内側頂点）オペレータ1は、脛骨遠位関節面内側頂点74をプロットし、生体の骨参照点検出部14は、その2次元座標値を記憶する。

（g：脛骨遠位関節面外側頂点）オペレータ1は、脛骨遠位関節面外側頂点75をプロットし、生体の骨参照点検出部14は、その2次元座標値を記憶する。

【0040】（h：腓骨骨頭頂点）オペレータ1は、腓骨骨頭頂点81をプロットし、生体の骨参照点検出部14は、その2次元座標値を記憶する。

（i：腓骨最遠位端点）オペレータ1は、腓骨最遠位端点82をプロットし、生体の骨参照点検出部14は、その2次元座標値を記憶する。

【0041】生体の骨参照点検出部14において、骨の特徴的な参照点を正面方向と60度方向の各CR画像にプロットさせてその2次元座標値が得られたら、生体の骨3次元座標取得部15が、ステップ4においてカメラ校正処理部13によって求められた射影行列Pを用いて、骨の参照点の2次元座標値に対応する実空間での3次元座標値を算出する（ステップS6）。具体的には、まず骨の参照点の3次元座標値は、

【数7】

$$\text{正面方向の射影行列 } P_f = \begin{bmatrix} p_{f11} & p_{f12} & p_{f13} & p_{f14} \\ p_{f21} & p_{f22} & p_{f23} & p_{f24} \\ p_{f31} & p_{f32} & p_{f33} & p_{f34} \end{bmatrix} \quad (7-1)$$

$$\text{60度方向の射影行列 } P_g = \begin{bmatrix} p_{g11} & p_{g12} & p_{g13} & p_{g14} \\ p_{g21} & p_{g22} & p_{g23} & p_{g24} \\ p_{g31} & p_{g32} & p_{g33} & p_{g34} \end{bmatrix} \quad (7-2)$$

及び求める3次元座標値が（X, Y, Z）である時、

【数8】

$(u_f, v_f)$ :正面方向CR画像でのプロットした2次元座標値  
 $(u_q, v_q)$ :60度方向CR画像でのプロットした2次元座標値

$$\text{行列} B = \begin{bmatrix} u_f P_{f31} - P_{f11} & u_f P_{f32} - P_{f12} & u_f P_{f33} - P_{f13} \\ v_f P_{f31} - P_{f21} & v_f P_{f32} - P_{f22} & v_f P_{f33} - P_{f23} \\ u_q P_{q31} - P_{q11} & u_q P_{q32} - P_{q12} & u_q P_{q33} - P_{q13} \\ v_q P_{q31} - P_{q21} & v_q P_{q32} - P_{q22} & v_q P_{q33} - P_{q23} \end{bmatrix} \quad (8-1)$$

$$\text{行列} b = \begin{bmatrix} P_{f14} - u_f P_{f34} \\ P_{f24} - v_f P_{f34} \\ P_{q14} - u_q P_{q34} \\ P_{q24} - v_q P_{q34} \end{bmatrix} \quad (8-2)$$

とすれば、

【数9】

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = (B^T B)^{-1} \cdot B^T b \quad \left( \begin{array}{l} B^T: \text{行列} B \text{の転置行列} \\ ( \cdot )^{-1}: \text{カッコ内の逆行列} \end{array} \right) \quad (9)$$

により求まる。

【0042】次に、求められた3次元座標値に基づいて、大腿骨50側と脛骨70・腓骨80側とで、2つの解剖学的座標を設定する(ステップS7)。具体的には、2つの解剖学的座標は、図8から図10、及び解剖学的座標を示すための図11を参照して説明すると、以下のように設定される。

(A: 大腿骨50側の解剖学的座標)

原点: 大腿骨内側後顆中心点58と大腿骨外側後顆中心点62との中点。

X軸: 大腿骨内側後顆中心点58と大腿骨外側後顆中心点62とを結ぶ線分63。

Y軸: 原点から大腿骨骨頭中心点54への線分64

(Z'軸)とX軸に垂直な線分。

Z軸: X軸とY軸に垂直な線分であって、外積(X軸×Y軸)で求まるベクトルの向きが正方向。

【0043】(B: 脛骨70・腓骨80側の解剖学的座標)

原点: 脛骨近位関節面内側縁点71と脛骨近位関節面外側縁点72との中点。

Z軸: 原点と脛骨遠位関節面内側頂点74と脛骨遠位関節面外側頂点75との中点を結ぶ線分77。原点から脛骨遠位関節面内側頂点74と脛骨遠位関節面外側頂点75との中点への向きが負方向。

X軸: 原点を通るZ軸からの垂線であって、腓骨骨頭頂点81と腓骨最遠位端点82とを結ぶ線分83に交わる線分。X線照射機から向かって左向きが正方向。

Y軸: X軸とZ軸に垂直な線分。外積(Z軸×X軸)で求まるベクトルの向きが正方向。

【0044】また、解剖学的座標が設定されると、オペレータ1がCR画像上の骨皮質点のプロットを行うので、生体の骨参照点検出部14は、骨皮質点の2次元座標値から骨幹部中央点(骨皮質点2点の中点)の2次元座標値を算出する(ステップS8)。具体的には、生体の骨参照点検出部14は、大腿骨50、脛骨70、腓骨80の長さ(各々の解剖学的座標におけるZ軸上でのマイナス側端点からプラス側端点までの距離)を、Z軸に直交する線分で10分割し、その線分を正面方向、60度方向に投影して表示装置2bに画面表示する。そして、オペレータ1に、正面方向CR画像、及び60度方向CR画像における骨幹部区間の10分割線と各骨の骨皮質点との交点をプロットさせて、骨皮質点の2次元座標値を取得する。図12は、骨皮質点と骨幹部中央点の求め方を示す図であって、正面方向CR画像と60度方向CR画像に投影された10分割線91と骨(例えば大腿骨50)の骨皮質との交点を骨皮質点92とする。骨幹部区間は、上から4本目と9本目の10分割線91で挟まれる区間を示し、骨幹部中央点93は、この区間の2点の骨皮質点92の中点とする。

【0045】次に、生体の骨参照点検出部14により、骨幹部中央点93の2次元座標値が算出されたら、生体の骨3次元座標取得部15が、ステップS6の骨の参照点の時と同様に、ステップ4においてカメラ校正処理部13によって求められた射影行列Pを用いて、骨幹部中央点93の2次元座標値に対応する実空間での3次元座標値を算出する(ステップS9)。一方、標本骨3次元データ選択部17は、オペレータ1に、患者3の骨近似3次元データを生成する元となる大腿骨50、脛骨70、腓骨80の標本骨3次元データを、表示装置2bに表示されたリストの中から選択させる。標本骨3次元データ選択部17は、標本骨3次元データが選択されたら、標本骨3次元データ・データベース16より、該当する標本骨3次元データを取得する(ステップS10)。

【0046】オペレータ1により選択された標本骨3次元データが取得できたら、標本骨3次元データ参照点検

出部18が、ステップS5と同じ手順でオペレータ1に正面方向及び90度方向における標本骨3次元データの参照点をプロットさせる。ここで、60度方向でなく90度方向からプロットさせるのは、より正確な参照座標を得るためにある。オペレータ1が参照点をプロットすると、標本骨3次元データ参照点検出部18は、プロットされた参照点の2次元座標値を全て記憶する(ステップS11)。次に、標本骨3次元データ3次元座標取得部19が、ステップS6と同じ手順で、ステップS4においてカメラ校正処理部13によって求められた射影行列Pを用いて、骨の参照点の2次元座標値に対応する実空間での3次元座標値を算出する(ステップS12)。更に、求められた3次元座標値に基づいて、ステップS7と同じ手順で、標本骨3次元データの大脛骨側と脛骨・腓骨側とで、2つの解剖学的座標を設定する(ステップS13)。なお、ステップS11からステップS13までの処理は、標本骨3次元データを作成する時に予め行って、情報を登録しておくことで毎回実行しなくても良い。

【0047】以上の処理により、患者3の骨のCR画像における参照点と、標本骨3次元データの参照点が求められたら、骨3次元データ変形処理部20において、患者3の骨のCR画像における参照点と標本骨3次元データの参照点とが一致するように、標本骨の位置決め処理を行う(ステップS14)。具体的には、第1の位置決め処理として、まず患者3の骨のCR画像における参照点と標本骨3次元データの参照点との対応を求める。先に示した図7のように、患者3の骨のCR画像と標本骨3次元データの2次元投影画像100を同時に表示装置2bに表示する。そして、対応する参照点の3次元座標値が一致するように、表示装置2bの患者3の骨のCR画像上に表示された標本骨3次元データの2次元投影画像100を並進移動、回転、スケール変換等により変換する。ここで並進移動と回転は、一般的な行列演算によって行い、スケール変換処理はワーピング手法等を用いて行う。なお、この処理によって、標本骨は参照点が患者3の骨の参照点と重なり、骨の位置、姿勢、大きさが概ね決定される。

【0048】次に、第2の位置決め処理として、再度、図12に示すように大脛骨50、脛骨70・腓骨80の長さ(各々の解剖学的座標のZ軸上でのマイナス側端点からプラス側端点までの距離)を、Z軸に直交する線分で10分割し、その線分を正面方向、60度方向に投影して表示装置2bに画面表示する。そして、今度は、オペレータ1に、各10分割線91における標本骨のスライス断面が、CR画像の患者3の骨のスライス断面に一致するように、移動、回転、膨張、収縮の処理を行わせる。図13は、標本骨3次元データを3次元表示した図(100A)であって、骨3次元データ変形処理部20は、患者3の骨のCR画像に投影表示した標本骨3次元

データの表示画像のスライス断面を、該CR画像の患者3の骨の輪郭に一致するように移動・回転・膨張・収縮処理を適宜実行する。なお、図13に示した符号110Aは詳細を後述する。

【0049】更に、10分割線91の全ての位置において、標本骨3次元データの表示画像のスライス断面が、CR画像の患者3の骨のスライス断面に一致したら、10分割線91間の3次元データを補間処理する。なお、この処理によって、標本骨は患者3の骨と一致し、患者3に対応した骨近似3次元データとなる。骨3次元データ変形処理部20は、この骨近似3次元データを骨近似3次元データ・データベース22へ記憶する(ステップS15)。図14は、骨近似3次元データの表示画像の下肢アライメントを球とシリンドラによって3次元表示した図である。ここで、図14において、符号の数字の後に"A"を付与した下肢アライメントは、図11で示した同一の数字のみで表す符号を持つ下肢アライメントの3次元表示であることを表す。

【0050】次に、患者3の膝関節の診断を行うために、3次元下肢アライメント算出部21は、上述の下肢アライメントを球とシリンドラによって3次元表示した骨近似3次元データから、例えば以下の11種類の下肢アライメント評価パラメータを算出する(ステップS16)。なお、11種類の項目は、(1)大脛骨脛曲度、(2)大脛骨最大脛曲位置、(3)脛骨脛曲度、(4)脛骨最大脛曲位置、(5)大脛脛骨角、(6)膝関節伸展角、(7)下肢荷重線通過点、(8)膝関節裂隙角、(9)大脛骨前捻角、(10)膝関節回旋角、(11)脛骨捻れ角であって、3次元下肢アライメント算出部21は、算出した3次元下肢アライメントの数値を表示装置2bに表示する。

【0051】一方、患者3の膝関節を人工膝関節へ置換する手術を行う際の事前計画を作成するために、人工膝関節3次元データ位置決め処理部23は、オペレータ1に任意のサイズの人工膝関節コンポーネントを表示装置2bの画面に表示されたリストから選択させる。そして、人工膝関節3次元データ・データベース24から選択された人工膝関節3次元データを、更に、骨近似3次元データ・データベース22から患者3の骨近似3次元データを取得する(ステップS17)。次に、図15に示すように、骨近似3次元データ・データベース22に記憶された患者3の骨近似3次元データの表示画像101と人工膝関節コンポーネント画像110を同時に表示装置2bに表示する。そして、オペレータ1に、手術で実際に設置しようとする位置に人工膝関節コンポーネントが一致するように、表示装置2bの骨近似3次元データの表示画像101上に表示された人工膝関節コンポーネント画像110を並進移動及び回転させながら位置合わせを行わせる。

【0052】人工膝関節3次元データ位置決め処理部2

3は、患者3の膝関節に最適と思われるサイズが見つかるまで、適宜オペレータ1に人工膝関節コンポーネントの3次元データの選択とCR画像上の位置合わせを繰り返し行わせ、使用する人工膝関節コンポーネントのサイズを決定する(ステップS18)。更に、人工膝関節3次元データ位置決め処理部23は、人工膝関節コンポーネントのサイズが決定したら、図16に示すように、オペレータ1に実際の手術での正確な目標設置位置へ人工膝関節コンポーネントの位置合わせを行わせる。なお、先に示した図13に、人工膝関節コンポーネント画像110を3次元表示した図(図13の符号110A)を示す。そして、人工膝関節3次元データ位置決め処理部23により、人工膝関節コンポーネントのサイズと正確な目標設置位置が決定されたら、人工膝関節設置位置座標算出部25は、骨近似3次元データで定義される大腿骨または/及び脛骨の解剖学的座標で的人工膝関節コンポーネントの目標設置位置を算出する(ステップS19)。なお、ここでいう目標設置位置とは、解剖学的座標に対する人工膝関節コンポーネントの位置(並進運動)と姿勢(回転)である。

【0053】なお、上述の実施の形態では、関節手術支援情報算出システムを、人体、特にその膝の関節の診断と人工膝関節への置換手術をする際に利用する例を説明したが、2方向から撮影されたX線画像を取得することができれば、人体、更には膝関節に限らず、股関節をはじめ骨格を持つあらゆる生体のどの部分の関節の診断や人工関節への置換手術においても利用することが可能である。また、上述の実施の形態において、関節手術支援情報算出システムは、患者3の骨のX線画像からCR画像を生成する際に、骨の輪郭を抽出し(骨輪郭抽出処理)、輪郭を強調(輪郭強調処理)することにより、更にCR画像をオペレータ1が見やすいように加工しても良い。また、患者本人の骨の3次元データがCTスキャンなどにより得られる場合は、変形操作が不要である。

【0054】また、上述の実施の形態における手術支援端末2の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込みませ、実行することにより、関節の診断や手術を支援するための情報算出処理を行ってもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータシステム」は、WWWシステムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境(あるいは表示環境)も含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。更に「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線

等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ(RAM)のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

【0055】また、上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク(通信網)や電話回線等の通信回線(通信線)のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良い。さらに、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル(差分プログラム)であっても良い。

【0056】以上説明したように、本実施の形態の関節手術支援情報算出システムは、患者3を専用カセット台4によって2方向からX線で撮影し、該X線画像から生成したCR画像上に写り込んだ3次元座標値が既知のフレームマーカによって、CR画像と実空間との射影行列Pを求め、患者3の手術する下肢3aを3次元座標値により立体的に認識する。そして、オペレータ1に、患者3のCR画像に合わせて骨の標本骨3次元データの表示画像を変形させることにより、患者3の骨近似3次元データを作成し、この骨近似3次元データから求められた3次元座標値から、大腿骨、及び脛骨・腓骨の位置関係を評価するための評価パラメータを算出する。

【0057】従って、専用カセット台4によって患者を立位状態のまま撮影できるので、患者に負担をかけず、かつ立位状態によって膝関節に負荷をかけた実際の状態におけるX線画像を取得することができるという効果が得られる。また、2方向のX線画像を用いて患者の膝関節を3次元的に認識することで、CTスキャンによって立体的な画像を取得する場合に比較して、患者の被曝量が少なくて済むという効果が得られる。また、膝関節の診断において、従来は3次元である下肢アライメント(大腿骨と脛骨の位置関係)を、2次元画像である2方向のX線写真により判断していた従来の問題点を解決し、立体的に骨、及び関節を認識して診断することが可能となる。

【0058】更に、求められた3次元座標値に基づく患者3の骨近似3次元データの表示画像に合わせて、オペレータ1に、人工膝関節3次元データの表示画像の位置を調節させて、人工膝関節の設置位置を、少なくとも2本の骨の位置を表すための解剖学的座標値として算出する。従って、従来医師の経験によることが多かった人工膝関節の選定や設置位置決め等の手術前計画作業に、本実施の形態の関節手術支援情報算出システムを用いて算

出した情報を利用することで、目標設置位置への人工膝関節の設置等、手術成績の安定化、安全性、及び再現性を高めることができるという効果が得られる。更に、手術支援端末2に表示された上述の診断や手術を支援するための情報を、医師と患者とが同時に確認することで、関節手術支援情報算出システムを、患者への診断や手術に対する理解と安心感を深めるためのインフォームド・コンセント・ツールとして利用することも可能である。

#### 【0059】

【発明の効果】以上の如く、請求項1に記載の関節手術支援情報算出方法によれば、位置座標取得処理が、生体の個体毎にその特徴が異なる骨を、標本骨3次元データの表示画像の形状を生体の骨に合わせて変形させた骨近似3次元データで容易にモデル化することで、評価パラメータ算出処理は、この骨近似3次元データから得られる3次元座標値から、人工関節を必要とする骨の位置関係を評価するための評価パラメータを個体毎に正確に求めることが可能となる。従って、従来は医師の経験や勘に頼ることが多かった生体の関節の診断や人工関節への置換手術において、2次元画像による判断ではなく、3次元座標値から求められた具体的な評価パラメータによって判断することで、医師の経験や勘によらない正確な診断結果、あるいは手術結果が得られるという効果がある。

【0060】請求項2に記載の関節手術支援情報算出方法によれば、位置座標取得処理が、生体の個体毎にその特徴が異なる骨を、標本骨3次元データの表示画像の形状を生体の骨に合わせて変形させた骨近似3次元データで容易にモデル化し、この骨近似3次元データより得られる3次元座標値を算出する。そして、人工関節位置算出処理は、3次元座標値に基づく前記生体の骨近似3次元データの表示画像に合わせて、人工関節3次元データの表示画像の位置を調節させることで、個体毎の3次元座標値から設定される解剖学的座標での人工関節の設置位置を算出することが可能となる。従って、人工関節の目標設置位置を、具体的な解剖学的座標の数値として取得することで、従来は医師の経験や勘に頼ることが多いと共に、決定した人工関節の設置位置を手術において正確に利用、あるいは再現することが難しかったという問題を解決し、手術成績の安定化、安全性、及び再現性を高めることができるという効果が得られる。

【0061】請求項3に記載の関節手術支援情報算出方法によれば、骨の位置座標取得処理は、鋼球群の2方向の2次元座標値と実空間での3次元座標値を利用して立体的に生体の骨を認識し、正確に生体の骨の3次元座標値を求めることができる。従って、3次元座標値が既知の鋼球群が写り込んだ2方向X線画像があれば、生体の骨が撮影されたX線画像に合わせて、標本骨3次元データの表示画像の形状を変形させて、生体の骨近似3次元データを作成するだけで、手術に携わるすべての医

師が簡単に骨の位置情報を正確な3次元座標値として取得することができるという効果が得られる。

【0062】請求項4に記載の関節手術支援情報算出方法によれば、骨の位置座標取得処理は、参照点取得処理により、生体の個体毎に異なる形状を持つ骨の位置を、その特徴を示す点によりモデル化された骨の参照点の位置情報として抽出することで、骨の全ての部分の位置情報を用いることなく、参照点の位置情報と2方向から撮影したX線画像により導出される射影行列とから、少ない計算処理で簡単に生体の骨の3次元座標値を求めることが可能となる。従って、複雑な形状の骨であっても、骨の特徴点さえ判断できれば、手術に携わるすべての医師が骨の位置情報を短時間で3次元座標値として取得することができるという効果が得られる。

【0063】請求項5に記載の関節手術支援情報算出方法によれば、参照点取得処理は、プロットされた骨の特徴を示す点を簡単な图形に置き換えてから参照点を求めるにより、更に少ない計算処理量でかつ精度を下げることなく参照点を求めることが可能となる。従って、短時間で骨の参照点を求めることが可能となるため、手術前計画作業においては、標本骨3次元データの表示画像を、生体の骨が撮影されたX線画像に合わせて変形させて、生体の骨近似3次元データの3次元座標値を求めたり、求められた3次元座標値に基づく生体の骨近似3次元データの表示画像に合わせて、人工関節3次元データの表示画像の位置を調節させて、人工関節の設置位置を算出したりする作業及び処理に重点的に時間を割くことができるという効果が得られる。請求項6に記載の関節手術支援情報算出方法にあっても、請求項4に記載の関節手術支援情報算出方法に相当する効果が得られる。

【0064】更に、請求項11に記載の関節手術支援情報算出システム、あるいは請求項12から請求項14に記載の専用カセット台によれば、カセット台に載せられた生体を、動かさずにかつ素早くX線撮影することができる。また、X線画像に記録された実空間における3次元座標値が既知の鋼球群によって、生体の骨の3次元座標を正確に求め正確な診療や手術を行うことができるという効果が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態の関節手術支援情報算出システムの構成を示すブロック図である。

【図2】 手術支援端末の構成を示すブロック図である。

【図3】 3次元空間上の鋼球群とこれを2次元座標に投影した画像との関係を示す図である。

【図4】 専用カセット台の詳細を示す図である。

【図5】 専用カセット台のパネルのフレームマーカを示す図である。

【図6】 関節手術支援情報算出システムの処理手順を

示すフローチャートである。

【図7】 患者のCR画像の表示例を示す図である。

【図8】 骨の参照点をプロットするための骨の部位を示す図である。

【図9】 骨の参照点をプロットするための骨の部位を示す図である。

【図10】 骨の参照点をプロットするための骨の部位を示す図である。

【図11】 骨の位置を表す解剖学的座標を示すための図である。

【図12】 骨皮質点と骨幹部中央点の求め方を示す図である。

【図13】 標本骨3次元データと人工膝関節コンポーネントを3次元表示した図である。

【図14】 骨近似3次元データの下肢アライメントを球とシリンダによって3次元表示した図である。

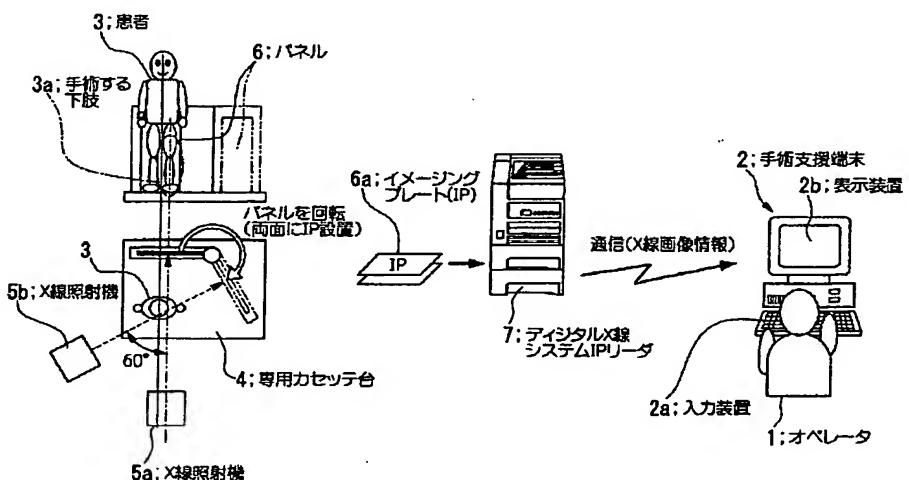
【図15】 患者の骨のCR画像に骨近似3次元データの表示画像と人工膝関節3次元データの表示画像を重ね合わせて表示した図である。

【図16】 患者の骨のCR画像に骨近似3次元データの表示画像と人工膝関節3次元データの表示画像を重ね合わせて表示した図である。

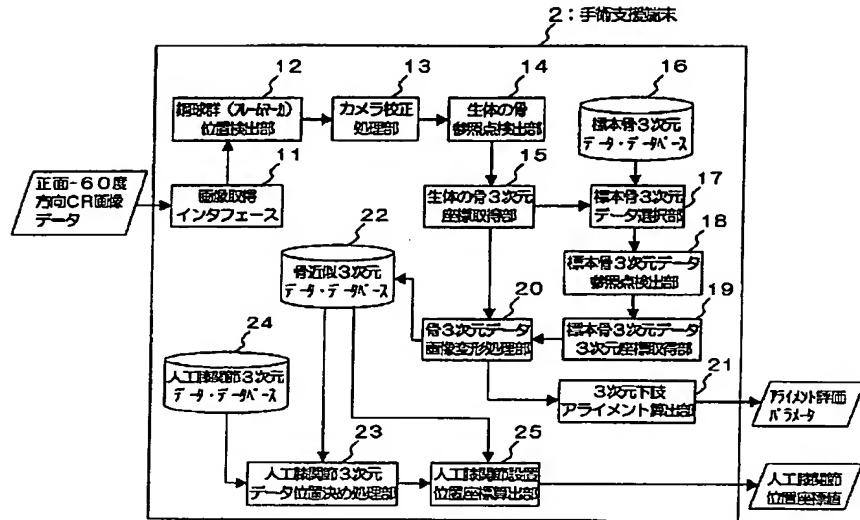
#### 【符号の説明】

- 1 オペレーター
- 2 手術支援端末
- 3 患者
- 4 専用カセット台（X線画像撮影手段）
- 5a、5b X線照射機（X線画像撮影手段）
- 6 パネル
- 6a イメージングプレート（IP）
- 6b 鋼球（鋼球群）
- 6c 中心軸
- 7 デジタルX線システムIPリーダ
- 11 画像取得インターフェース
- 12 鋼球群（フレームマーカ）位置検出部（位置座標取得手段）
- 13 カメラ校正処理部（位置座標取得手段）
- 14 生体の骨参照点検出部（位置座標取得手段）
- 15 生体の骨3次元座標取得部（位置座標取得手段）
- 16 標本骨3次元データ・データベース
- 17 標本骨3次元データ選択部
- 18 標本骨3次元データ参照点検出部（位置座標取得手段）
- 19 標本骨3次元データ3次元座標取得部（位置座標取得手段）
- 20 骨3次元データ変形処理部（位置座標取得手段）
- 21 3次元下肢アライメント算出部（評価パラメータ算出手段）
- 22 骨近似3次元データ・データベース
- 23 人工膝関節3次元データ位置決め処理部（人工膝関節位置算出手段）
- 24 人工膝関節3次元データ・データベース
- 25 人工膝関節設置位置座標算出部（人工膝関節位置算出手段）

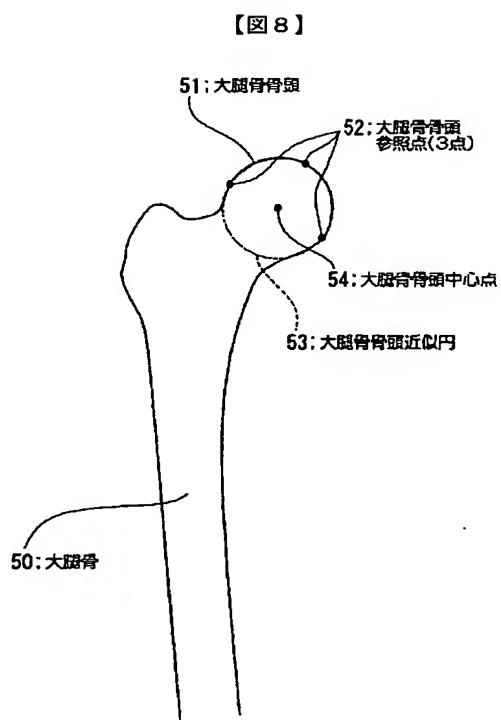
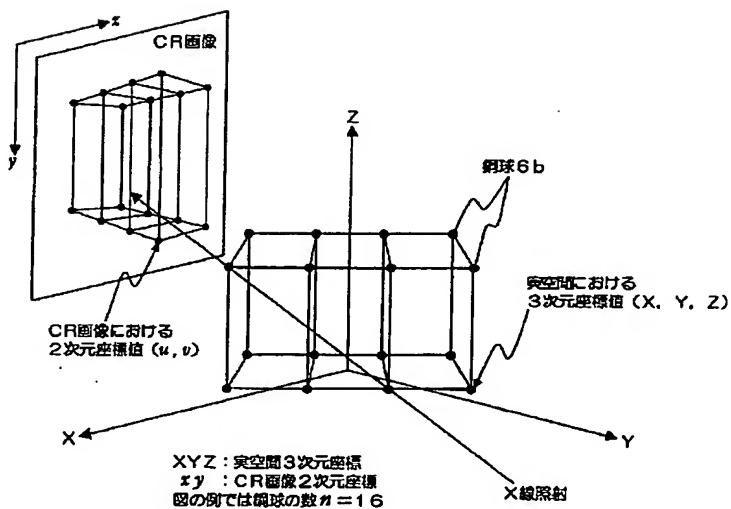
【図1】



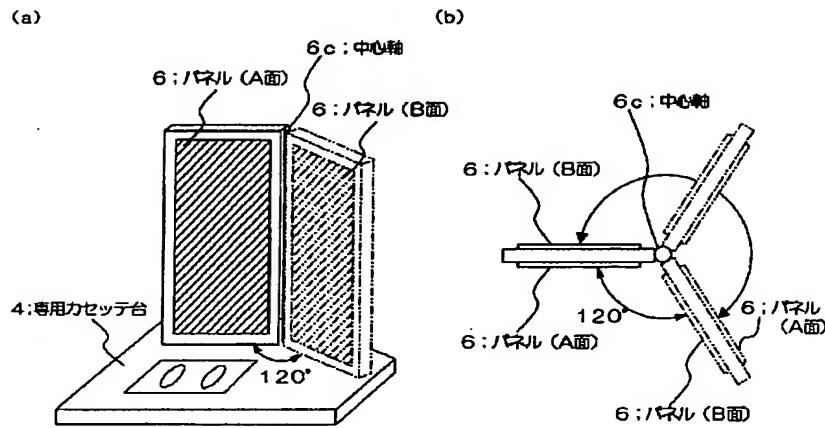
【図2】



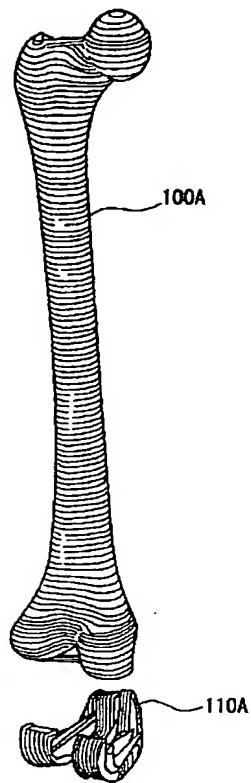
【図3】



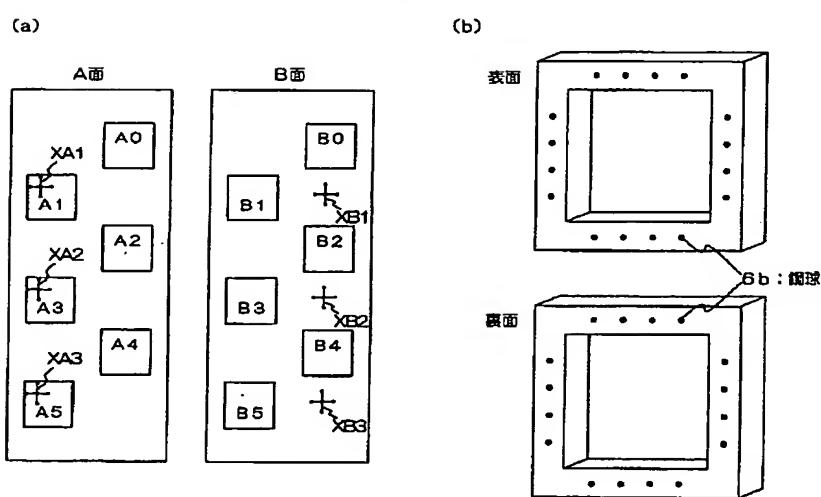
【図4】



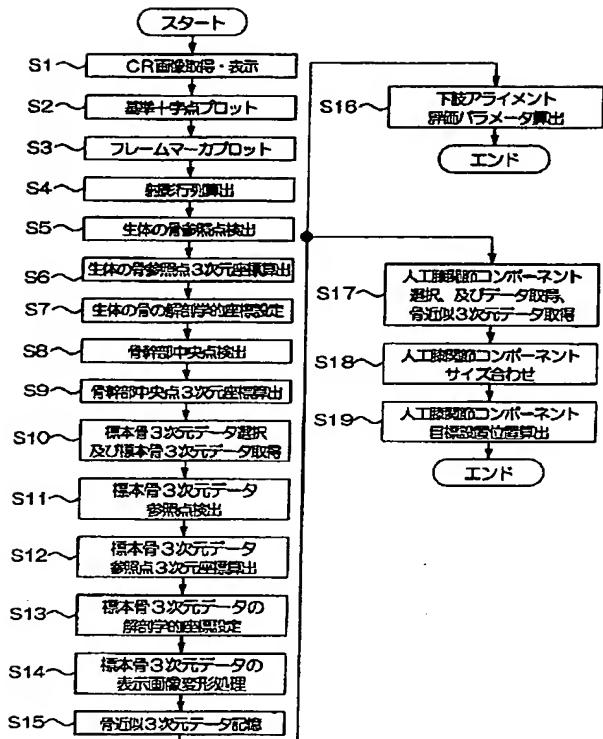
【図13】



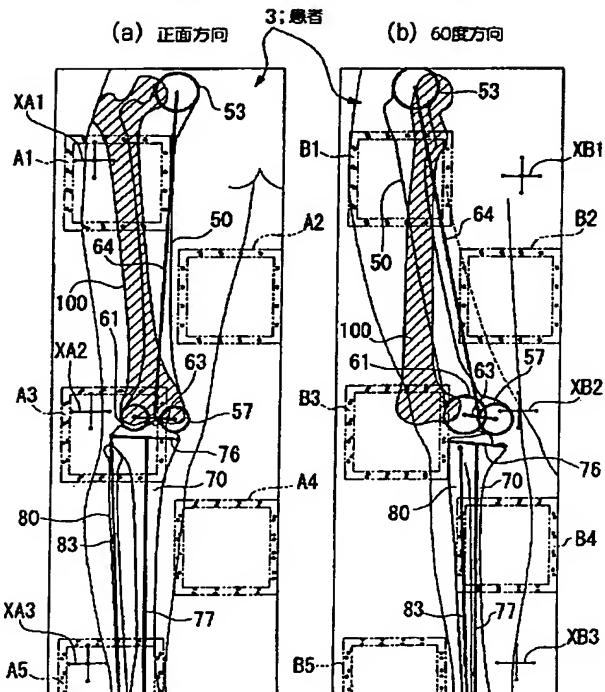
【図5】



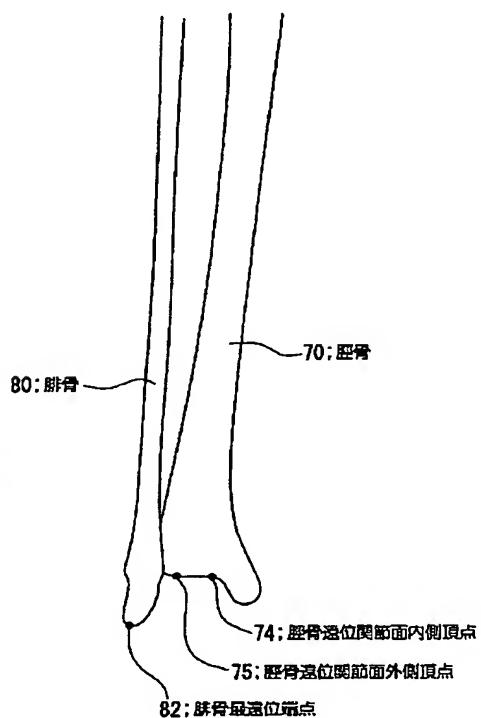
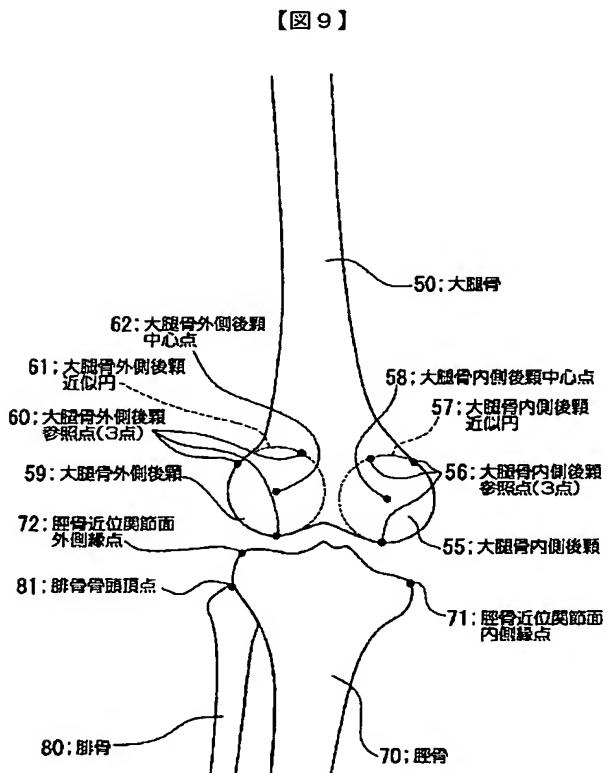
【図6】



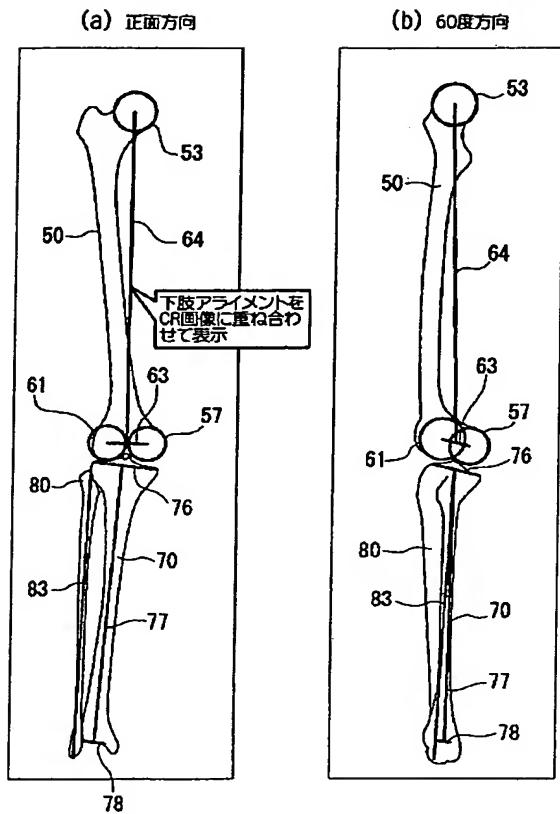
【図7】



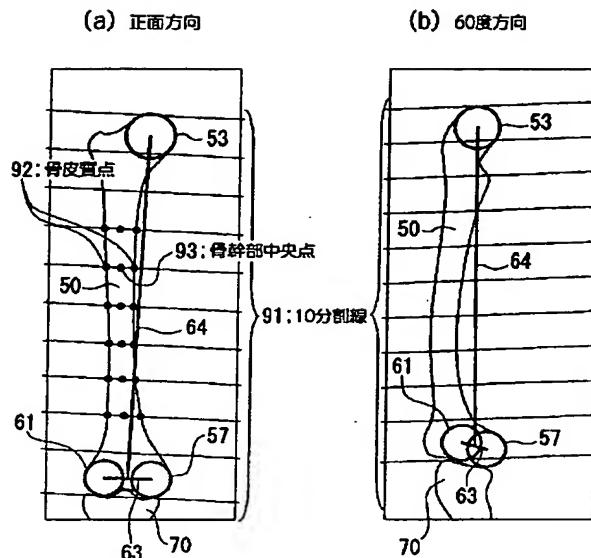
【図10】



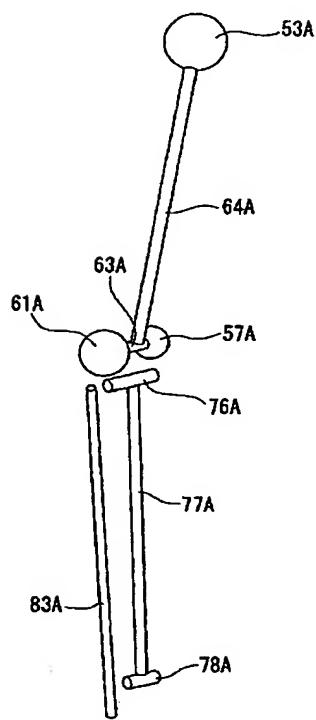
【図11】



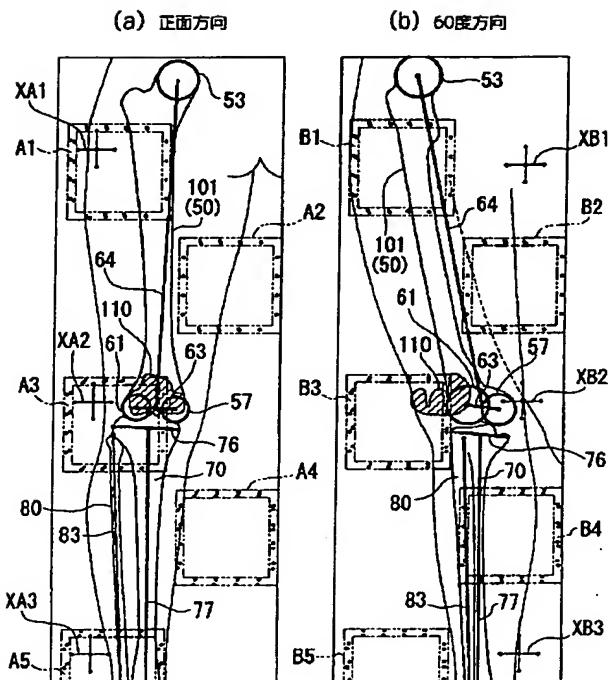
【図12】



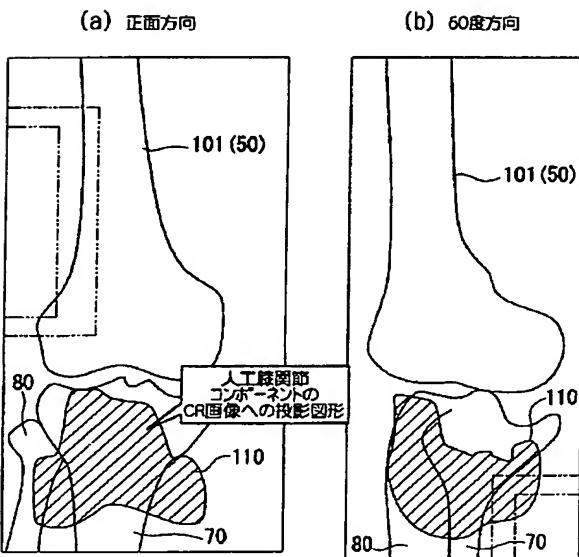
【図14】



【図15】



【図16】



## フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7  
G O 6 T 17/40

識別記号

F I  
A 6 1 B 6/00

テーマコード(参考)

3 5 0 Z

(72) 発明者 古賀 良生  
新潟県新潟市旭町通2番町5237番地  
(72) 発明者 寺島 和浩  
新潟県新潟市逢谷内3丁目567-5  
(72) 発明者 栗田 昂明  
東京都大田区蒲田本町一丁目10番1号 有限公司ニューキャリアサプライ内  
(72) 発明者 阿久津 清英  
東京都大田区蒲田本町一丁目10番1号 新潟鉄工工作機械株式会社内

(72) 発明者 濱野 満  
東京都大田区蒲田本町1丁目3番20号 二イガタテクノウイング株式会社技術開発本部制御技術部内  
(72) 発明者 小倉 宏明  
東京都大田区蒲田本町1丁目3番20号 二イガタテクノウイング株式会社技術開発本部制御技術部内

F ターム(参考) 4C093 AA03 AA28 CA16 CA21 CA33  
CA39 EB05 FD01 FF12 FF13  
FF28 FF37 FF42 FG05 FH02  
FH06  
4C097 AA03 BB10 CC01 MM01  
5B050 AA02 BA09 EA13 EA27 FA02  
5B057 AA08 BA03 CA13 CB13 CD11  
DA07 DA16